

①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑪ **DE 3907419 A1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 07 419.6  
㉑ Anmeldetag: 8. 3. 89  
㉒ Offenlegungstag: 13. 9. 90

⑤1 Int. Cl. 5:

**G01 M 15/00**

G 01 N 29/00  
F 16 P 7/00  
G 01 B 17/00  
G 01 M 13/00  
G 07 C 3/00  
// G01L 23/22

DE 3907419 A1

⑦1 Anmelder:

Ingenieurgesellschaft für Behälterbau, Motorenbau  
und allgemeiner Maschinenbau mbH, 7000 Stuttgart,  
DE

⑦4 Vertreter:

Dreiss, U., Dipl.-Ing. Dr.jur.; Hosenthien, H.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Fuhlendorf, J., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

⑦2 Erfinder:

Schöckle, Siegfried, Dipl.-Ing., 7172 Rosengarten,  
DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 36 27 796 C1  
DE 29 34 928 C2  
DE 32 45 505 A1  
DE 30 04 605 A1

DE 29 01 253 A1  
DE 25 03 680 A1  
DE-OS 15 24 701  
DD 1 49 436  
US 45 63 897  
EP 02 97 729 A2  
EP 02 09 862 A2

DE-Z: LANGEN, H.J.: Schadenfrüherkennung an Hy-  
draulikbauelementen mit Hilfe des Körperschall-  
meßverfahrens. In: o + p ölhydraulik und  
pneumatik 25, 1981, Nr. 7, S. 568-573;

DE-Referat Schwingungs- u. Geräuschmeßtechnik,  
1979, S. 105-116;

DE-Z: Industrie-Anzeiger, 99. Jg., Nr. 87,  
vom 28.10.1977, S. 1726-1729;

DE-Z: LANGEN, H.J., SCHWARZ, T.: Rechnerunter-  
stützte Schadensfrüherkennung mit Hilfe der Kör-  
perschallmessmethode. In: o + p ölhydraulik und  
pneumatik 30, 1986, Nr. 2, S. 108-114;

US-Z: Hewlett-Packard Journal, December 1984,  
S. 4-11;

JP 62 280651 A. In: Patents Abstracts of Japan, P-704,  
May 19, 1988, Vol. 12, No. 166;

⑤4 Verfahren zur Schadensverhütung an einer Maschine oder Vorrichtung

Zur Wartungseinsparung, der Schadensverhütung und  
gleichzeitigen Herabsetzung der Wahrscheinlichkeit eines  
bald auftretenden Maschinenschadens wird für eine Ma-  
schine oder Vorrichtung mit sich in wiederholendem Turnus  
bewegenden Teilen, die Verschleiß oder Beschädigungen  
unterworfen sind und die mit zunehmendem Verschleiß oder  
einer Beschädigung eine erhöhte Schallabstrahlung haben,  
vorgeschlagen, in Abhängigkeit einer vorgegebenen Zeit  
oder Zeitspanne im Turnus mindestens bei einem verschlei-  
ßenden Maschinenteil die Schallabstrahlung bzw. den Kör-  
perschall zu bestimmen und den bestimmten Wert mit einem  
vorgegebenen zugeordneten Grenzwert zu vergleichen und  
beim Überschreiten des vorgegebenen Grenzwertes ein  
Signal oder eine Mitteilung auszugeben, um erst dann die  
Maschine bzw. das Gerät zu warten.

DE 3907419 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schadensverhütung an einer Maschine oder Vorrichtung mit sich in wiederholendem Turnus bewegendenden Teilen, die einem Verschleiß oder einer Beschädigung unterworfen sind und die mit zunehmendem Verschleiß oder einer Beschädigung eine erhöhte Schallabstrahlung haben.

Bei wertvollen Maschinen oder Maschinen, die bei einem Maschinenschaden ein hohes Gefährdungsrisiko aufweisen, wird ein erheblicher Instandsetzungsaufwand getrieben. Verschleißgefährdete Teile werden nach einer bestimmten Betriebszeit ausgetauscht obwohl ein tatsächlicher Schaden erst viel später eintreten würde.

Es ist bekannt zum Schutz eines Verbrennungsmotors, der zur Abgasreinigung und zur Betriebsstoffeinsparung mit einem besonders mageren Gemisch betrieben wird und bei dem in gewissen Betriebsbereichen Fehlzündungen auftreten, durch Klopfensensoren diese Fehlzündungen zu ermitteln und beim einem gehäuften Auftreten automatisch eine Änderung der Betriebsverhältnisse einzuleiten, bspw. durch Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge oder durch Lastverminderung.

In Vermeidung der geschilderten Nachteile, liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde ein Verfahren der eingangs genannten Art so zu optimieren, daß die notwendigen vorbeugenden Wartungen zeitlich möglichst kurz vor einem tatsächlich zu erwartenden Schaden durchgeführt werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung vor, daß in Abhängigkeit einer vorgegebenen Zeit oder Zeitspanne im Turnus mindestens bei einem verschleißenden Maschinenteil die Schallabstrahlung bestimmt und der bestimmte Wert mit einem vorgegebenen zugeordneten Grenzwert verglichen wird, und daß beim Überschreiten des vorgegebenen Grenzwerts ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben wird.

Durch eine solche Maschinenüberwachung können auch frühzeitig außerordentliche Schädigungen festgestellt und eine rechtzeitige Reparatur veranlaßt werden, ohne daß der eigentliche zu erwartende Schaden eintritt. Durch die vermiedenen Folgeschäden kann eine wesentlich verbesserte Betriebssicherheit erreicht und ein unerwarteter Totalausfall der Maschine vermieden werden.

Die Schadensüberwachung kann praktisch kontinuierlich während des ganzen Betriebs der Maschine oder nur in bestimmten Zeitabständen, bspw. beim täglichen Anlaufen oder bei sonst erforderlichen Wartungsarbeiten routinemäßig durchgeführt werden.

Um Fehlmeldungen zu vermeiden kann in besonders vorteilhafter Weise erst beim Auftreten mehrerer Überschreitungen des Grenzwerts in Reihenfolge ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben werden.

Es kann als Vergleichswert ein in der Zeitspanne auftretender Maximalwert mit dem vorgegebenen Grenzwert verglichen werden. Es kann aber auch eine Meßwertsumme über eine vorgegebene Zeitspanne ermittelt und dieser Mittelwert einem entsprechend festgelegten Grenzwert gegenübergestellt werden.

Eine besonders gute Überwachungssicherheit wird erreicht, wenn die Werte der Schallabstrahlung nur bei einer vorgegebenen Betriebsbedingung ermittelt wird, insbesondere einer vorgegebenen Drehzahl, bei bestimmter Belastung und/oder Temperatur um so möglichste andere Beeinflussungen der ermittelten Werte möglichst auszuschließen.

Eine besonders hohe Überwachungsqualität kann erreicht werden, wenn jedem zu überwachenden empfindlichen Bauteil ein besonderer Grenzwert und ggf. ein besonderer Sensor zugeordnet wird. Die verwendeten Sensoren können dann optimal an den speziellen Stellen der Maschine angebracht werden, an der eine neu auftretende Störung am leichtesten ermittelt werden kann.

Eine universelle Überwachung, bei der auch drohende unerwartete Schäden an nicht überwachten Stellen ermittelt werden können, kann dadurch erfolgen, daß zusätzlich das ganze Schallprofil eines Arbeitszyklus überwacht und mit einem vorgegebenen Grenzprofil verglichen wird, wobei dann beim Überschreiten einzelner Werte des Grenzprofils ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben wird.

Besonders vorteilhaft kann zur Überwachung einer Maschine mit umlaufender Kurbelwelle die in Hauptlagern in einem Maschinengehäuse gelagert ist und die über Pleuel mit jeweils einem Kolben zusammenwirkt, wobei den einzelnen Bauteilen zuordenbare Betriebsgeräusche auftreten, diese Betriebsgeräusche, vorzugsweise im Leerlauf oder einer definierten Drehzahl der Kurbelwelle der Maschinenbelastung und ggf. der Betriebstemperatur in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel erfaßt und mit den einzelnen Bauteilen zugeordneten vorgegebenen Grenzwerten verglichen werden, wobei dann beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwerts für das betreffende Bauteil ein Signal abgegeben wird. Bei einer solchen Überwachung kann dann genau angegeben werden, für welches Bauteil alsbald ein Austausch notwendig ist. Bei einem Verbrennungsmotor können bspw. für jeden einzelnen Kolben Sensoren angeordnet werden. Es ist bekannt, daß im Leerlauf beim Belastungswechsel eine Vergrößerung des Lagerspiels durch erhöhte Geräuschabstrahlung erkannt werden kann. Mit wachsendem Kolbenspiel können bei der Belastungsumkehr Kippgeräusche festgestellt werden, die jeweils bei einer ganz bestimmten Kurbelwellenlage auftreten. Die Geräuschüberwachung muß deshalb nur für den jeweiligen Zylinder in einem relativ geringen Winkellagebereich der Kurbelwelle überwacht werden. Durch das zeitliche Auftreten im Betriebszyklus können die auftretenden Geräusche den einzelnen Bauteilen genau zugeordnet werden, so daß auch bereits mit nur einem Sensor bei entsprechend exakter zeitlicher Unterteilung der Überwachung praktisch alle zu erwartenden Verschleißschäden ermittelt werden können, bevor überhaupt ein wesentlicher Schaden entsteht.

In der beigefügten Fig. 1 ist für ein Maschinenteil, bspw. ein Kolben, der ausgestrahlte Schwingungspegel über die gesamte Lebensdauer aufgezeichnet. Bei einem neuen Motor, der noch nicht eingelaufen ist, ist der Schwingungspegel relativ hoch und er nimmt mit der Einlaufphase ab. Üblicherweise wird bei Maschinenteilen, deren Ausfall hohe Folgeschäden hat, das gefährdete Maschinenteil zu einem festgelegten Wartungszeitpunkt ausgetauscht. Wie aus der Skizze ersichtlich ist, könnte aber ein solches Bauteil noch ohne Schwierigkeiten über längere Zeit weiterverwendet werden. Erst nach einiger Zeit mit zunehmendem Verschleiß erhöht sich der Schwingungspegel und es wird damit angezeigt, daß eine Reparatur notwendig ist. Diese Reparatur muß nicht unbedingt unmittelbar nach der Feststellung erfolgen, jedoch alsbald um einen Ausfall sicher zu vermeiden.

In Fig. 2 ist in schematischer Darstellung ein Motorschnitt gezeigt, bei dem eine Kurbelwelle 1 in einem Motorgehäuse 2 drehbar gelagert ist. Diese Kurbelwel-

le 1 ist über Pleuel 3 mit jeweils einem Kolben 4 verbunden. Zur Steuerung der Verbrennungsluft sind Ventile 5 vorgesehen. Zur Schadensüberwachung sind im Bereich der Kurbelwelle 1 im Bereich des oberen Totpunkts des Kolbens 4 und im Bereich der Ventile Sensoren 6, 6', 6'' 5 am Motorgehäuse 2 angeordnet. Diese Sensoren 6 sind mit einer Datenerfassung 7 verbunden, die die gemessenen Schwingungspegel auswertet und mit vorgegebenen Grenzwerten vergleicht. Wird einer der vorgegebenen Grenzwerte überschritten, so erfolgt über einen 10 Signalgeber ein Signal oder die Ausgabe eines entsprechenden Hinweises, daß der der Grenzwertüberschreitung zugeordnete Teil, bspw. ein Kolben 4, ein Ventil 5 oder ein zugehöriger Kipphebel alsbald ausfallen wird. Der Signalgeber kann bspw. in Form eines Datenausdruckes erfolgen oder durch entsprechend angeordnete 15 und geschaltete Meldelampen, Leuchtdioden oder dgl. Die eigentlichen Wartungsintervalle der Maschine können so wesentlich verlängert werden, ohne daß die Gefahr des Eintretens eines unerwarteten Maschinenschadens erhöht wird. 20

nen Grenzprofils an einer Stelle ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben wird.

8. Verfahren insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7 für eine Maschine mit umlaufender Kurbelwelle (1), die in Hauptlagern in einem Gehäuse (2) gelagert ist und die über Pleuel (3) mit jeweils einem Kolben (4) zusammenwirkt, wobei den einzelnen Bauteilen zuordenbar Betriebsgeräusche auftreten, dadurch gekennzeichnet, daß die auftretenden Betriebsgeräusche vorzugsweise im Leerlauf oder einer definierten Drehzahl der Kurbelwelle (1), der Maschinenbelastung und ggf. der Betriebstemperatur in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel erfaßt werden und mit den einzelnen Bauteilen zugeordneten vorgegebenen Grenzwerten verglichen werden und daß beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwerts für das betreffende Teil ein Signal ausgegeben wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Schadensverhütung an einer Maschine oder Vorrichtung mit sich in wiederholendem Turnus bewegendenden Teilen, die Verschleiß oder Beschädigungen unterworfen sind und die mit zunehmendem Verschleiß oder einer Beschädigung eine erhöhte Schallabstrahlung haben, **dadurch gekennzeichnet**, daß in Abhängigkeit einer vorgegebenen Zeit oder Zeitspanne im Turnus mindestens bei einem verschleißenden Maschinenteil die Schallabstrahlung bzw der Körperschall bestimmt und der bestimmte Wert mit einem vorgegebenen 35 zugeordneten Grenzwert verglichen wird, und daß beim Überschreiten des vorgegebenen Grenzwertes ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß erst beim Auftreten mehrerer Überschreitungen des Grenzwerts in Reihenfolge ein Signal oder eine Mitteilung ausgegeben wird. 40
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Vergleichswert ein in der 45 Zeitspanne auftretender Maximalwert zum Vergleich mit dem vorgegebenen Grenzwert verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Vergleichswert ein über die 50 Zeitspanne ermittelter Mittelwert der Schallabstrahlung zum Vergleich mit dem vorgegebenen Grenzwert verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der Schallabstrahlung nur bei einer vorgegebenen Betriebsbedingung ermittelt werden, insbesondere einer vorgegebenen Drehzahl, Belastung und/oder Temperatur. 55
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 60 dadurch gekennzeichnet, daß jedem zu überwachenden Bauteil ein besonderer Grenzwert und ggf. ein besonderer Sensor zugeordnet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 65 dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere zusätzlich das ganze Schallprofil eines Arbeitszykluses überwacht und mit einem Grenzprofil verglichen wird und daß beim Überschreiten des vorgegebenen

Fig. 1

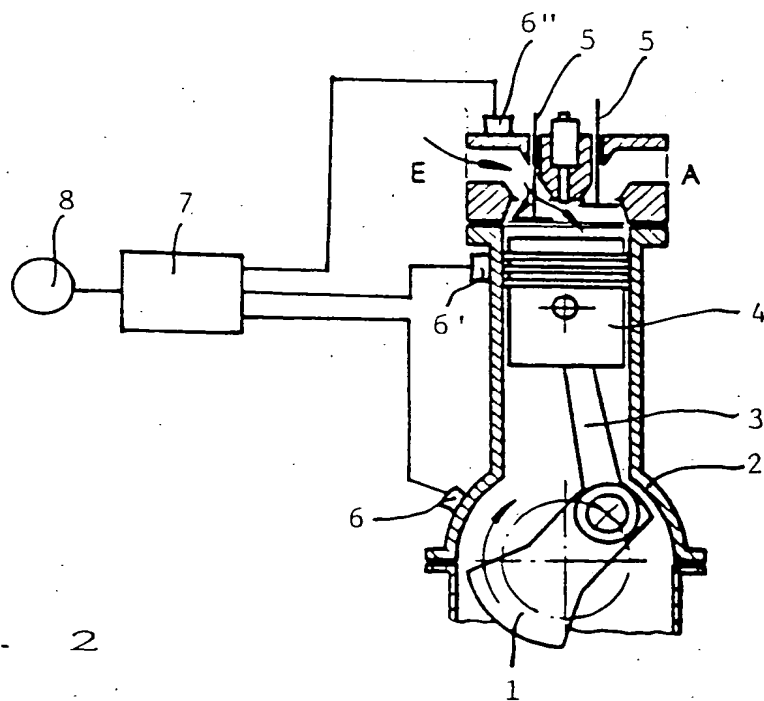
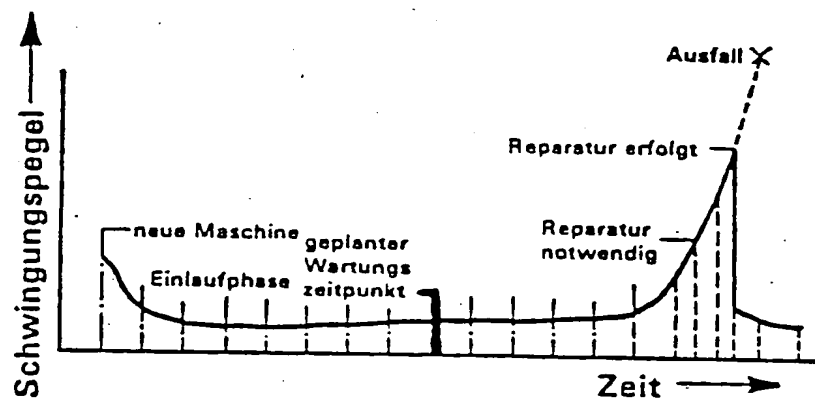


Fig. 2